

Title	構造補強最適化のための設計手法に関する研究
Author(s)	坂田, 誠一郎
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155387">https://doi.org/10.11501/3155387</a>
DOI	10.11501/3155387
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	坂田 誠一郎
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14634 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学位論文名	構造補強最適化のための設計手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 座古 勝  (副査) 教授 赤木 新介 教授 豊田 政男

### 論文内容の要旨

本論文は、ビーム状部材挿入により既存の構造物に対し最適補強を行うための設計手法の提案を目的としたものであり、全6章で構成されている。

第1章は緒言であり、本研究の背景及び研究目的について記述している。

第2章では、ビーム状部材挿入を想定した補強構造設計問題について、設計問題の定義及び設計手法構築の方策について記述している。設計変数はトポロジー、レイアウト、部材断面形状及び寸法であり、全設計変数を同時に決定する設計問題を、各設計変数を個別に決定する部分設計問題に分離する手法を検討している。そこで、まず分離の際に問題となるレイアウト設計と断面形状及び寸法設計間の相関について検討し、その相互影響を考慮する必要性を記述している。さらに、レイアウトと断面形状及び寸法の相関が考慮できる設計手法を提案し、この手法により分離しても相関を考慮すれば設計変数全てを決定できることを示している。

第3章では、第2章の提案に基づき具体的な補強設計手法の構築を行っている。特に、負荷による変形状態を基にレイアウト設計を行う手法の提案とそのコンピュータプログラム構築を行っている。本手法の特徴は、計算負荷軽減のため部材複数本挿入の影響を考慮した補強効果を各部材1本挿入時の主構造の変形量により推測し、その結果よりレイアウト設計を行う手法としていることにある。例として、門型構造物の補強設計を行い、手法の有効性を示している。

第4章では、手法の実用化に際し考慮すべき解析条件として、解析規模ならびに種々の制約条件の導入について検討を行っている。特に、一般的なレイアウト設計は組合せ最適化問題となり、大型構造物では組合せ数が増加し大規模解析となるため実解析に適さない。従って、解析規模削減のための手法を提案している。すなわち、全構造を部分構造に分割し、評価する組合せ数を削減するアプローチおよび目的関数の曲面近似によるサンプリング点の削減を行うことにより、計算規模の大幅な削減を行い実解析可能となる手法としている。

第5章では、固有振動数は構造の剛性/重量の値に関係するので、本手法の適用例として最適と考え、固有振動数を考慮した補強設計問題に提案手法を適用している。結果として固有振動数問題についても有効な解が得られることを明らかとしている。

第6章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

既存の構造物に対する適切な補強は、構造物の長寿命化、信頼性向上などに有効である。そこで、構造の概略を主構造として決定した後に、ビーム状部材補強による力学的特性の付加を行う設計手法は実用的と考える。しかし、補強構造のトポロジーならびに補強部材のレイアウト、断面形状及び断面寸法が設計変数となり、性質の異なる複数の設計問題を同時に取り扱う必要性から難解な設計問題となり、工業的にも計算コストなどの面から実用性に問題がある。

本研究は、既存の構造物に対するビーム状部材挿入による補強を想定した実用的設計手法を構築したものであり、その成果の要約は次の通りである。

- (1) 想定する設計問題では、補強効果を重量増加に対する構造全体の剛性の増加の割合と定義している。ここで、構造のトポロジー、レイアウト、断面形状及び断面寸法を設計変数とする必要があるが、これらを全て決定可能な設計手法ならびにこれらの設計変数が有する相関を検討した例もほとんどない。そこで、これらの設計変数を全て決定可能とするために、全体の設計問題を部分設計問題に分離し、その相互影響を考慮可能とすることで、同時に設計を行う新たな手法を提案している。特に、部分設計問題間の相関の検討を行い、レイアウト設計問題と断面形状・断面寸法設計問題との相関を考慮している。
- (2) 補強部材レイアウト設計問題は、挿入部材本数により組合せが指数関数的に増加する組合せ問題である。既存の手法を用いてこの問題を解く場合には、各組合せに対する評価関数の計算コストが莫大となる。そこで、レイアウト設計が実用的となるのみならず、挿入部材本数増加に対する計算コストの低減、設計変数としてトポロジーをも想定した補強構造設計が実用的に可能となる、複数本の部材挿入による補強効果を一本の部材挿入結果から推測する手法を提案している。
- (3) 組合せ問題の計算コスト削減のためには、本質的に評価する組合せ数の削減が重要となる。本研究では、従来法である分割探索アプローチ及び分岐限定アプローチを有効に利用することにより、評価すべき組合せ数の削減を試みている。特に、構造物の補強設計という特徴を十分に考慮し、レイアウト設計の解空間を主構造の特徴に応じて部分空間に分割し、物理的考察より補強効果に寄与するパラメータを分岐限定基準とすることで、上述のアルゴリズムを補強構造設計に用いている。実際に、例計算により計算コストが大幅に削減出来ることを示している。
- (4) 設計手法の実用に際しては、種々の制約条件を考慮する必要がある。特に、ビーム状部材挿入を想定した補強設計問題では、既存の構造に対する部材挿入可能領域の制約がある。これは既存構造の機能を損なわないようにするための制約条件であり、補強時には考慮する必要がある。また、挿入部材がビームであることから部材の座屈制約条件も想定する必要がある。本研究ではこれらの制約条件を手法に導入すると共に、計算例により、手法の妥当性と有効性を示している。
- (5) 固有値問題は、構造の剛性と重量の比が重要であり、提案手法の妥当性及び有効性の確認には適切であると考え、開発した提案手法により構造の固有振動数上昇のための補強設計を行っている。また固有値問題を考慮した構造設計問題では、固有モードの入れ替わりや固有値解析に有する計算コストなど、様々な問題が指摘されている。これに対して本研究では、固有値問題を静的負荷問題に置き換え、提案手法の適用を行うことで有効な解を得、提案手法の妥当性ならびに実用的な設計手法であることを示している。

以上のように、本論文は構造物の補強設計問題に対し、従来困難であったトポロジー、レイアウト、断面形状及び断面寸法を全て設計変数とする設計手法を提案している。特に、実用面において重要な計算コスト削減を独自のレイアウト設計手法などにより考慮し、種々の制約条件も考慮可能としている。これらの内容は、従来難解であった設計問題について、より実用に即した問題に適用可能な補強設計手法を提案したものであり、生産科学分野に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。